植保會刊 17: 155—172 (1975)

民國63年12月6日中央研究院生物研究中心
臺灣植物保護中心及中華植物保護學會合辦
「植物病原在土壤中之消長」研討會講稿

Rhizoctonia 和 *Sclerotium* 屬病原菌的鑑定和在土壤中之生態[1]

Identification of *Rhizoctonia* and *Sclerotium* and their Ecology in Soils

杜 金 池[2]

C. C. Tu

一、緒言
二、分類地位和鑑定
三、在土壤中之生態
四、結論
五、引用文献

摘要: *Rhizoctonia* 和 *Sclerotium* 屬眞菌因分類依據貧乏，種 (Species) 之設定迄無妥善的標準。故此兩屬眞菌「種」之確認，應以有性世代之觀察為基礎。未能觀察到有性世代之*Rhizoctonia* 屬眞菌，應先究明每節菌絲內細胞核數目和菌絲連合群之歸屬。*Rhizoctonia* 和 *Sclerotium* 有性世代之近似屬，如 *Thanatephorus*、*Ceratobasidium*、*Waitea*、*Botryobasidium*、*Uthatobasidium* 和 *Athelia* 等，均分別加以比較。另介紹 "標準化菌叢覆土法" 以供人工催誘此兩屬眞菌之有性世代。水稻紋枯病病原菌 *T. sasakii* 之形態特徵，亦一併介紹之。

Rhizoctonia 和 *Sclerotium* 屬病原菌在土壤中之生態，以 *R. solani* 和 *S. rolfsii* 為主，分別就土壤中之生長情形，生存依據和環境因子的影響等三項予以介紹。

緒　言

在純菌學上 *Rhizoctonia* D. C. 和 *Sclerotium* Tode 是很相近似的菌類。無性世代屬於無胞子菌科 (Mycelia Sterilia); 不產生無性胞子，僅以菌絲和菌核繁衍滋生。有性世代也都屬於擔子菌綱 (Basidiomycotina) (只有少數 *Rhizoctonia* 屬於子囊菌綱， Ascomycotina); 擔子器在形態上又很相像。因此，這兩屬菌類曾被同列為 "*Pellicularia* group"(81) 或 "*Rhizoctonia* Complex"(90)。

Rhizotonia 和 *Sclerotium* 同是旱田作物的重要土壤傳染病菌(Soil-borne plant pathogens)。這兩屬的植物病菌大都是雜食性 (Omnivorous) 的通性寄生菌 (Facultative parasite)。前者如 *R. solani* Kühn 而後者如*S. rolfsii* Sacc. 都是衆所週知的惡菌。雖然在菌學上 *Rhizoctonia* 和

1. 臺灣省農業試驗所研究報告。
2. 臺灣省農業試驗所技正兼植物病理系主任。

Sclerotium 有類同之處，但在土壤中之生態則不盡相似。本文將以 *R. solani*和 *S. rolfsii* 爲主，其他有關之種爲副，先就純菌學上之識別予以說明，再就生態方面加以討論。

分類地位和鑑定

Rhizoctonia 屬是 1815 年 De Candolle 氏[25]以 *R. corcorum* Dc ex Fr. 爲標準種（Type species）而設立的。這一屬的鑑定，除了不產生無性胞子外，De Condolle 氏又設立了兩項依據：(1)可產生結構均勻的菌核，並可自菌核產生菌絲，(2)菌絲常和活植物的根在一起。1915年 Dugger氏[28]有鑑於 De Conololle 氏的鑑定依據太籠統，因此他強調營養菌絲的特徵而補充三點：(1)菌絲的分枝在其起源處有縊縮（Construction），(2)菌絲分枝在距起源不遠處有隔膜（Septum），(3)菌絲常成直角或銳角分枝等。雖然 *Rhizoctonia* 的鑑定依據再予加強，仍有很多不產生"無性胞子"的菌類也或多或少有類似上述的菌絲和菌核的特徵，所以100多年來被鑑定是 *Rhizoctonia* 的菌類，包括植物寄生性和腐生性菌，大約有 100 種之多。這衆多的種之間因缺乏明顯的特徵可資識別，所以種間的鑑定是很困難的。因此在目前，*Rhizoctonia* 是一屬有很多的種（Species）而種和種之間又沒有關係或甚至相反關係的集合菌屬[69]。

雖然 *Rhizoctonia* spp. 的有性世代大多數屬於擔子菌綱，但有些却屬於子囊菌綱。如 *R. hiemalis* Saksena and Vaartaja 是 *Trichophaea bullata* Kanouse[105]，*R. rubiginosa* Sappa and Mosca 是 *Iodophanus carneus* (pers. per pers.) Korf (=*Ascophanus carneus* (pers. per pers.) Boud.)[90,96]。*Rhizoctonia* 菌屬的鑑定切忌使用 "*Rhizoctonia* sp." 的籠統方法加以記載。蓋 "*Rhizoctonia* sp." 既可能是擔子菌綱，又可能是子囊菌綱的一種眞菌，在科學上不但毫無意義，並且徒增紛擾。

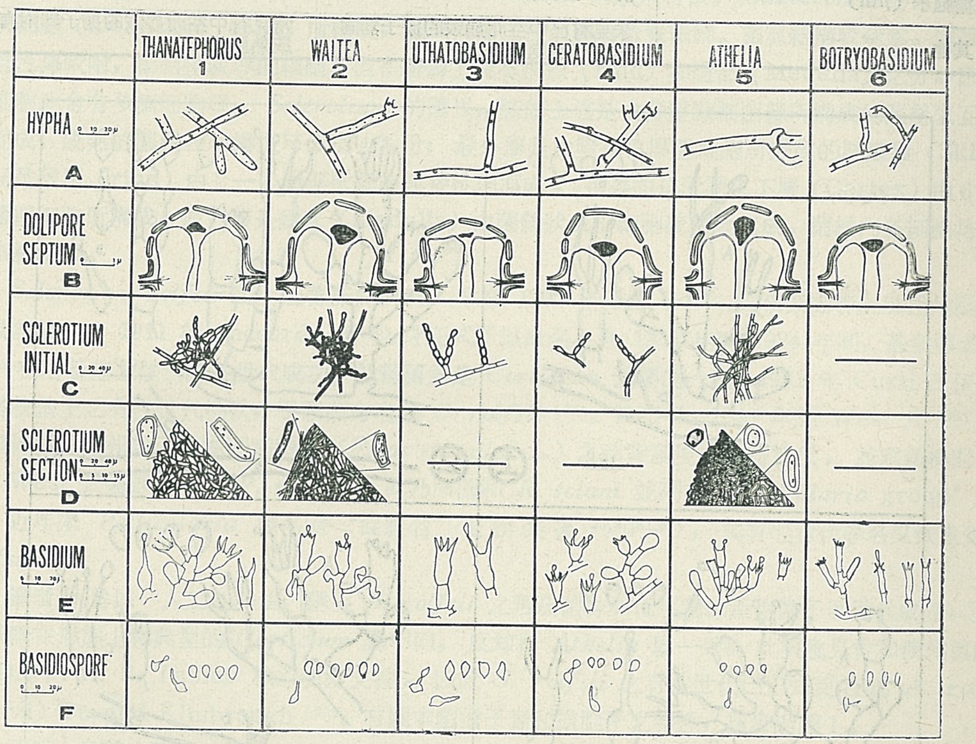
Rhizoctonia 的有性世代即使屬於擔子菌綱，但也不一定同屬。如 *R. crocorum* 是 *Helicobasidium purpureum* (Tul.) Pat.[13,14]，*R. globulosa* saksena and Vaartaja isolate 2287[75] 是 *Sebacina* sp.[96]，*R. globulosa* isolate 2616 和 *Rhizoctonia* sp. isolate T18[94] 是 *Ceratobasidium cornigerum* (Bourd.) Rogers[96]，*R. ramicola* Roberts and Weber 是 *Ceratobasidium ramicola* Tu, Roberts and Kimbrough[92]，而衆所週知的 *R. solani* 是 *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk[25,27]。

Rhizoctonia solani 是 *Rhizoctonia* 屬最重要的植物病原菌，也是在鑑定上最引起糾紛的一種。Parmeter 和 Whitney 氏[69]認爲 *R. solani* 應具有下列特徵：(1) 新生營養菌絲的每個細胞是多核的，(2)有明顯的菌絲隔膜孔構造（即具有明顯的 Dolipore septum），(3) 菌絲分枝常在主軸菌絲前端隔膜附近發生，(4)分枝菌絲在其起源處有縊縮，並在不遠處有隔膜，(5)菌叢呈現褐色等五點。上述各項特徵之觀察均不難進行。營養菌絲細胞核之染色可採用 HCI-Giemsa[74] 或 Aceto-orcein[92] 等，但較麻煩而不易成功。Tu 和 Kimbrough 氏[91]以 Aniline blue (50% glycerin 含1% Aniline blue 再加數滴 HCI 予以酸化) 染色菌核，手續簡單，染後立可觀察，值得推荐。菌絲隔膜孔構造可利用 Phase Microscopy 在 800—1,600 倍觀察之，如以 1.0% Aniline blue 染色菌核時，也可同時將菌絲隔膜孔構造染出[91]，或以 IKI 處理也可[90]。這些染色方法是不必有 Phase Microscopy 設備的。

Parmeter 和 Whitney 氏[69]依據上述鑑定原則認爲 *R. microsclerotia* Matz., *R. gossypii* Forsteneichner, *R. dichotoma* Saksena and Vaartaja, *R. praticola* Saksena and Vaartaja 都是 *R. solani* 的同種異名，而 *R. napae* Westendorp and Wallays, *R. rapae* Westendorp, *R. betae* Eidam, *R. potonlacensis* Wollenweber, *R. macrosclerotia* Matz., *R. dimorpha*

Matz., *R. melongena* Matz., *R. lupini* Castellani 和 *R. aderholdii* (Ruhl) Marchionatto 等也都可能是同種異名。

Rhizoctonia solani 除了具有上述營養菌絲和培養性狀外，其擔子器世代應屬於 *T. cucumeris* (Frank) Donk。*R. solani* 之擔子器世代在自然界鮮少發生，故該菌有性世代之觀察大都依賴人工催生法在研究室內催誘產生。*R. solani* 之擔子器在形態上介乎同胞擔子菌 (Homobasidiomycetes) 和異胞擔子菌 (Heterohasidioncycetes) 之間，致分類地位長久未能確定，其屬名曾被列爲 *Hypochnus* (因異義名 (*nomen ambigum*) 已不再在眞菌學上使用)，*Corticium*, *Botryobasidium*, *Pellicularia* (因混義名 (*nomen confusum*) 已不再採用)，*Ceratobasidiam* 等，最後才被認爲是 *Thanatephorus*。事實上，*Thanatephorus* 和 *Waitea*, *Uthatobasidium*, *Ceratobasidiam*, *Athelia*, *Botryobasidium* 等屬的擔子器都是很相似的[90]。其區別應就營養菌絲之形態和細胞核之數目，菌絲隔膜孔之構造，菌核形成過程和構造，擔子器形態和擔胞子形態加以比較區別 (圖 1)。

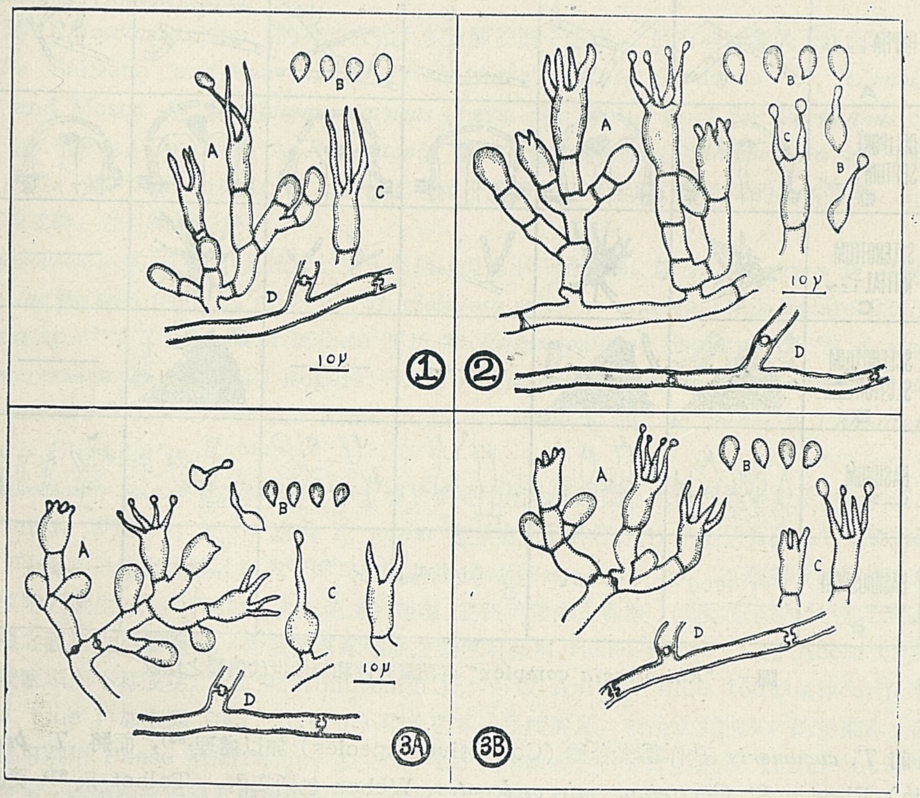


圖一、"*Rhizoctonia* complex" 各菌屬有性和無性世代菌體之比較

目前 *T. cucumeris* 是作爲集合種 (Collective species) 加以處理[82]，而將 *T. praticola* (Kotila) Flentje 和 *Corticium microsclerotia* Weber 包括在內。Talbot 氏[82] 更認爲 *C. sasakii* (Shirai) Matsumoto, *C. areolatum* Stahel 和 *P. filamentosa* f. sp. *timsii* Exner 都可能也應包括在本種之內。筆者[90] 曾以人工誘生 *T. particola* 和 *C. sasakii* 之有性世代，認爲以目前之證據，*T. praticola* 不應列在 *T. cucumeris* 之內。又 *C. sasakii* 無論就營養菌絲細胞化學反應，菌核之構造，擔子器之大小和形態、以及擔胞子之形態和性狀等，和 *T. cucumeris* 完全不同 (圖 2，表 1)，故其學名應爲 *T. sasakii* (shirai) Tu and kimbrough。

表一、*Thanatephorus cucumeris* 和 *T. sasakii* 形態學上之比較

	Thanatephorus cucumeris	*Thanatephorus sasakii*
營養菌絲直徑 (μm)	(5.0−)7.2(−13.5)	(5.5−)9.0(−14.0)
營養菌絲每節細胞核數	(3−)7(−18)	(5−)9.0(−14)
菌絲細胞化學反應Neutrallipid (Sudan 4)	−	+
菌核構造	稀鬆型	原始殼皮型
擔子器 (μm)	8.7−17.6×6.1−10.0	10.0−22.5×7.0−10.5
擔子器直徑/著生菌絲直徑		1.0−1.5
擔孢子柄 (μm)	6.7−17.0 無或鮮有隔膜	9.0−25.0 常有隔膜
擔孢子 (μm)	5.0−10.0×3.7−7.5	7.5−10.7×4.5−6.0
其他	未見有已中空而崩毀的擔子器向附有成熟孢子	常見有中空而崩毀的擔子器附有成熟孢子



圖二、①*Thanatephorus praticola*. A.擔子柄分枝，B.成熟擔胞子，C.成熟擔子柄，D.營養菌絲。
②*Thanatephorus sasakii*. A.擔子柄分枝，B.成熟擔子器，C.成熟擔胞子，D.擔胞子發芽情形，E.營養菌絲。
3A*Thanatephorus cucumeris* isolate k-1. A.擔子柄分枝，B.成熟擔子柄，C.擔胞子發芽情形，D.成熟擔胞子，E.營養菌絲。
3B*Thanatephorus cucumeris* islate Ftcc 658. A.擔子柄分枝，B.成熟擔子柄，C.成熟擔胞子，D.營養菌絲。

因爲 *Rhizoctonia* 屬菌類之有性世代不容易在自然界中發現，已如前述，故欲利用有性世代特徵澄清 *Rhizoctonia* 分類上糾紛的辦法並不是一件容易的事情。因此 Parmeter, et, al [68] 曾以 *R. solani* 的 138 菌株進行菌絲連合 (Hyphal anastomosis)，經觀察而將之劃分爲 4 群 (Anastomosing group 簡稱 AG)。Ogoshi[59] 仿照此一辦法，也將日本的 *R. solani* 分爲 6 群。筆者認爲在沒有更合理的方法能有系統地整理 *R. solani* 的衆多菌株之前，採用菌絲連合群的方法，尙不失爲唯一良策。

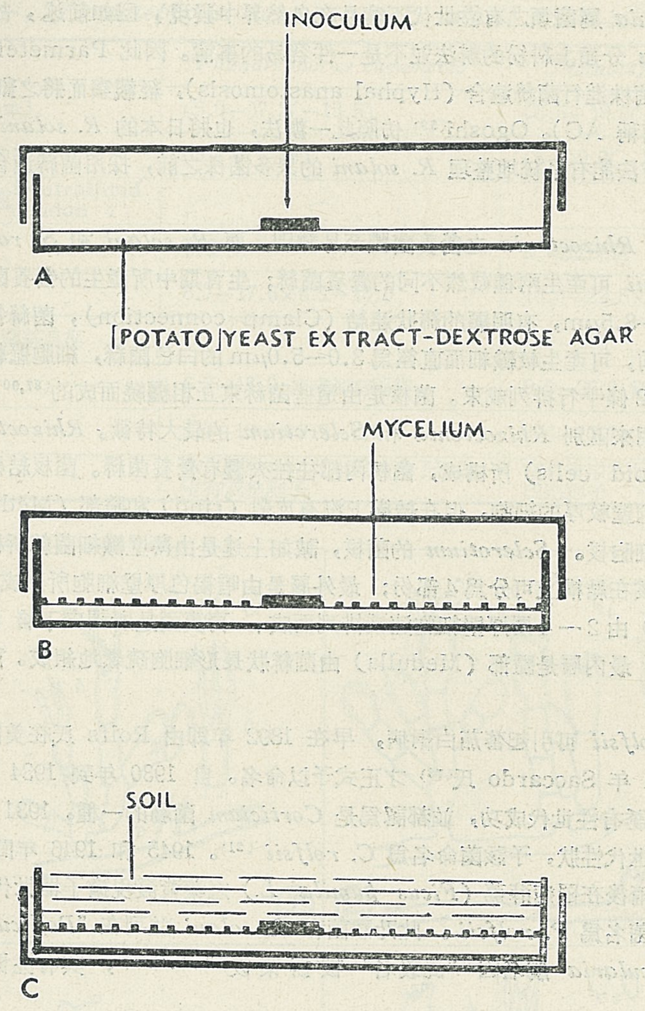
Sclerotium 和 *Rhizoctonia* 之營養菌體至易識別，而 *R. solani* 和 *S. rolfsii* 之擔子器形態則甚相似。*S. rolfsii* 可產生兩種截然不同的營養菌絲；生育期中所產生的營養菌絲（氣生菌絲）是白色的，直徑 5.5—8.5μm，有明顯的締狀連結 (Clamp connection)，菌絲每節有 2 個細胞核。在將要產生菌核之前，可產生較纖細而直徑爲 3.0—5.0μm 的白色菌絲，細胞壁較薄，有隔膜，無締狀連結，常由 3—12 條平行排列成束。菌核是由這些菌絲束互相纏繞而成的[87,90]。

菌核的構造是用來區別 *Rhizoctonia* 和 *Sclerotium* 的最大特徵。*Rhizoctonia* 的菌核是由稔珠狀細胞 (monillioid cells) 所構成，菌核內部往往夾纏有營養菌絲。菌核結構較疏鬆。菌核外緣或有色澤較暗，細胞壁較厚的細胞，但在結構上沒有皮殼 (rind) 和髓部 (Medulla) 之分。菌核內各細胞均含有多個細胞核。 *Sclerotium* 的菌核，誠如上述是由薄壁纖細菌絲所構成的菌絲束互相纏繞而成，成熟的菌核在結構上可分爲 4 部份；最外層是由暗褐色厚壁細胞所形成的厚皮層 (Skin)，裏面是殼層 (rind) 由 2—4 層厚壁細胞連接排列而成， 再裏面是所謂皮下層 (Cortex) 由 6—8 層薄壁細胞所構成，最內層是髓部 (Medulla) 由菌絲狀長形細胞疏鬆地組成。菌核內各細胞均含有 2 個細胞核。

Sclerotiun rolfsii 可引起蕃茄白絹病，早在 1892 年即由 Rolfs 氏在美國佛羅里達州發現並加以記載。迨 1911 年 Saccardo 氏[73] 才正式予以命名。自 1930 年到 1934 年間，甚多學者[6,21,39,58] 在培養基上催誘有性世代成功，並都認爲是 *Corticium* 菌屬的一種。1931 年 Curzi 氏依據人工培養基上之有性世代性狀，予該菌命名爲 *C. rolfsii* [21]。1945 和 1946 年間 West 氏[103] 復在美國佛羅里達州於雨後在罹病薜荔 (*Ficus pumila L.*) 之葉背發現擔子器世代，並重新檢討其學名。West 氏將該菌名爲 *P. rolfsii*。此乃該菌和 *R. solani* 並列在 "*Pellicularia* group" 之由來。近年來 *Pellicularia* 屬名因 "混義名" 被摒棄後[23,27,81,95]，其有性世代學名又恢復爲 *C. rolfsii*。

筆者[90] 曾以 "人工催誘法" 誘生 *S. rolfsii* 之蕃茄菌株和花生菌株產生擔子器世代成功。該菌擔子器在形態上和典型的 *Corticium* 屬不同，反却和 *Athelia* 屬一致。此項意見曾和澳州眞菌學家 Dr. P. H. B. Talbot 檢討而獲支持。因此 *S. rolfsii* 之有性世代已正式更名爲 *A. rolfsii* (Curzi) Tu and Kimbrough [90]。有關本菌擔子器和擔胞子之特性，請參看圖 1。

據吾人目前之瞭解，*S. rolfsii* 之有性世代可能不止 *A. rolfsii* 一種，而尙有其他的 "種" 也未可知。蓋 *S. rolfsii* 菌株間無論菌絲或菌核之大小、色澤、構造等都有極大差異。但這些菌絲上的差異却極難使吾人據以判定是否相異的 "種"。甚至 *S. delphinii* Welch[104]，多數眞菌學家都認爲 Welch 氏所陳事實， 尙不足使其單獨成爲 "種" 而應是 *S. rolfsii* 的型 (Form)。這些困擾緣於無胞子菌科的眞菌類可供鑑定的依據實在太少，而似是而非，相互類似的菌類又實在太多之故。如欲正確鑑定無胞子菌科的眞菌，惟賴 "人工催誘" 有性世代，加以詳細觀察比較。筆者[90] 以 "土壤誘生法" 加以改良而發表之 "標準化土壤誘生法" 對 *Rhizoctonia* 和 *Sclerotium* 屬眞菌有性世代之催誘效果極佳，爰特爲之介紹 (圖 3)。使用本方法時應有 "耐心"，因爲在土壤上產生有性世代之時間，可自 2 到 30 日不等，視菌株而異。



圖三、催誘 *Rhizoctonia* 和 *Sclerotium* 菌屬有性世代之"標準化菌落覆土法"。

A. 接種供試菌在 9-Cm 培養皿內之 Yeast extract-dextrose (20ml) 平板之中央。

B. 在室溫下使供試菌生長至恰好長滿培養皿或長滿後 2 天內之菌叢。

C. 在菌叢上覆蓋 90-100g 之黏土或坋黏土，略加壓力使成高度約 1cm，土壤調節成PH 8—9，土壤濕度 30%MHC，放置在有光照定溫箱 (25—28.C) 或室內，避免日光直射。

在土壤中之生態

㈠在土壤中之生長情形

Rhizoctnia solani 是一種高效能的腐生菌，但也具有相當的寄生能力[4]。其整個生活過程中，寄生性只是腐生性的偶發現象而已。因此 *R. solani* 乃被稱為"初級"或"兼性"寄生菌(Primative or facultative parasite)。

Rhizoctonia solani 可以很容易地自土壤內以各種不同方法，如篩網埋入平板法[84]、埋入試管法[17,56]、有機質殘體聚落法[24,31,63,64,89]、種子聚落法[50,57]、或從土壤內檢出菌絲法[93,94]等分離出

來，證實本病原菌是以積極的菌絲體活躍在土壤中。*R. solani* 可以很快地在埋入土中的寄主葉片或尙未被其他微生物佔有的植物殘體上繁殖[94]。依此快捷的繁殖本領搶得腐植質並增加侵染源密度。但Radha 氏和 Menon 氏[71]得到相反的觀察結果。他們發現 *R. solani* 可以從椰樹根很容易地伸長到無菌土壤內，但却很難生長在自然土壤中。上述不同的觀察結果，實緣於 *R. solani* 不同菌株對生長能力的遺傳互不相同之故[62]。

Rhizoctonia solani 能否覓得賴以生長繁殖的"基質"，乃是決定本病原菌能否在土壤內營腐生生長的最重要條件。Blair 氏[7]認爲"基質"是引發腐生生長絕不可缺的。Winter 氏[106]更證實非但腐生生長需要"基質"引發，其能否繼續生長，更賴"基質"是否充分供應養分而定。缺乏供給養分的"基質"，*R. solani* 即不能發展成腐生菌[106,23]。Boyle 氏[10]認爲"基質"不但決定本菌的腐生性，也決定其寄生性；栽植花生之田間如播種前設法移去上層土壤內的有機質，即可有效地防治 *R. solani* 的侵染。

Rhizoctonia solani 在土壤中到底是不是一種眞眞的腐生菌呢? Papavizas 和 Davey氏[64,66]利用蕎麥莖或其他植物質切成短片後埋入土中，經過一定時間後取出，先經漂洗再放置在水瓊脂平板上，計算本菌著生百分率。經此實驗，他們認爲本菌在缺乏寄主的情形下，是可以在土壤中營腐生生長的，但因菌株不同而有程度上的差別。其他尙有很多的報告[31,50,56,57]也認爲 *R. solani* 是有和其他微生物競爭而取得植物殘體行腐生生活的能力。筆者[88]發現本菌自土壤表面到 6 公分深之土壤內最爲活躍。同氏[89]在甘蔗、大豆、白菜、高粱、胡麻、花生、甘藷、瑣麻田 30 公分深土壤內的植物殘體上，發現有本菌著生的情形。甚至深埋 60 公分土中之植物殘體，也隅可分離而得。絲瓜地則僅分佈在表面 10 公分的土壤內，原因何在，迄未瞭解。

被 *R. solani* 侵染的麥株，可自罹病根生出褐色典型菌絲，紊亂穿越土壤空隙，再侵染鄰近之麥株根尖[48,76]。在土壤中的老化菌絲，則不能再產生菌核。只有那些突然生出而極活躍的菌絲，才會產生菌核[77]。在蒸氣殺菌的土壤內，如氮素源的供應適當，配合適宜溫度(15—20°c)和濕度，營養菌絲才會產生菌核。Blair 氏[7]認爲菌核的產生，端視養分供應情形而定。菌核在砂土內極少產生，似因缺乏無機養分之故。Das 氏和 Western 氏[23]發現菌核僅在"非完全無菌"的土壤內才會產生。

Sclerotium rolfsii 在土壤內生長情形和 *R. solani* 雖有相似之處，但大體上是不能相提並論的。*S. rolfsii* 是一種完全生長在土壤表面的微生物。埋在土壤內超過 0.5 吋時生長即受挫。因此，這種土源病原菌是不能侵犯根和根群的。本菌更不會著生在土內 2 吋深以下的有機質。如能設法將土壤表面的有機質移走或埋入土中，自可減少本菌在土壤表面之生長，因而減少侵染源密度。當翻犁田間土壤而未將雜草深埋土中，却暴露在土壤表面或僅埋在表土內時，常發現本菌在雜草上著生[36,43]。這情形應是弱寄生而非腐生，因剛翻犁入表土內之雜草，尙未全無生機。Thompson 氏[83]發現本菌在分解中的草堆內，則是一種極活躍的腐生菌，可與其他微生物競爭而繁衍在老化已死的植物組織上。

Sclerotium rolfsii 和 *R. solani* 在土壤內生長最大的不同點是：前者菌絲有向外密集生長的特性 (ectotrophic growth habit)，而後者却沒有。*S. rolfsii* 繁衍的植物殘體或作物病患部表面，常有均勻而密集之菌絲[37]。*Sclerotium* 的另一種，*S. cepivorum*，則生長習性完全相反；不能從着生基質向外伸出菌絲如 *R. solani*，更不如 *S. rolfsii* 之產生密集而均勻的菌絲，覆蓋基質表面。

Scleroctium rolfsii 在土壤中之生長一如 *R. solani* 必須依賴植物殘體獲取養份才能生長[11]。這種所謂"Nectrotophic parasite"，如沒有供應賴以生存供應能量的物質，自然不能在土壤內生

長。況 *R. solani* 和 *S. rolfsii* 都是以菌核爲主要存續依據[4]，而菌核本身並無養分可供菌絲生長，而達到侵染植物體之所需[11]。如 *R. solani* 從生存菌體（Survival structure）或傳播源（Propagules）生出的菌絲，短於 150μm，不問土壤中侵染源（Inoculam）之多少，都不能引起作物罹病[44]。因此土壤內是否含有可供應養分使之繼續生長的物質，不但決定病原菌的生存能力，也決定侵染能力。

㈡在土壤中生存的依據

誠如上述，菌核是 *R. solani* 和 *S. rolfsii* 在土壤內生存的依據之一。*S. rolfsii* 之菌絲有向外生長（ectotrophic growth）的習性[11]，而 *R. solani* 雖不能長出密集而均勻之菌絲覆蓋在寄主或被着生物質表面，卻也能生出菌絲穿越土壤空隙而蔓延在土壤內[48,76]。因此這兩種病原菌在土壤內並不需要很多的菌體就可以使寄主植物罹病。據 Leach 氏和 Davey 氏[54]之調查，甜菜田每公克土壤內含有 0.005—0.05 個 *S. rolfsii* 的菌體，即可使甜菜發病。*R. solani* 的情形也很類似，甜菜田每公克土壤內含有 0.01—0.09 個菌體[53]或棉田每公克土壤內含有 0.07—0.13 個菌體[54]，足可分別使甜菜和棉株罹病。

Rhizoctonia solani 產生菌核的能力，因菌株和侵犯寄主部位習性而異。生長在深土內菌株大都不產生菌核，土壤表面的菌株可產生菌核，侵犯寄主地上部的菌株，可產生大量菌核[29]。土壤內微生物，尤其是細菌，會降低 *R. solani* 產生菌核的能力，並將已產生的菌核加以破壞[5]。Sanford 氏[78]認爲田間土壤內的 *R. solani* 菌核，最少有一年的壽命。很多調查報告[4]認爲 *R. solani* 菌核的壽命至少在五年以上。*S. cepivorum* 的菌核，在沒有寄主植物的田間，可生存五年以上[4]。*S. rolfsii* 和 *S. delphinii* 的菌核只要能維持代謝作用不衰，可在土壤內生存很久的時間[33]。*R. solani* 和 *S. rolfsii* 的菌核可以發芽多次[70]，但 *S. cepivorum* 卻只能發芽一次[18]。*S. rolfsii* 的菌核以 1 ppm 的乙烯處理，可使保持長期間休眠而不發芽。

菌核並非 *R. solani* 賴以生存的唯一菌體。侵犯小麥桿引起眼斑病的 *R. solani* 菌株，可以產生多量的菌核[70]，但在澳洲侵犯小麥根部引起裸斑病（bare-patch disease）的菌株，卻不產生菌核而以深色厚壁的菌絲生存在土壤中[4]。

除菌核和休眠菌絲外，*R. solani* 更可以腐生方式達到生存目的。*S. rolfsii* 在土壤內腐生競爭能力和利用營養資源效率雖較差[10]，但也不能抹殺其可能性。某些 *R. solani* 的菌株更可依賴寄生方式而生存。美國肯薩斯州東部植物生長季節期間因溫度太高，*R. solani* 不能產生菌核或休眠菌絲，此際如田間無適當寄主植物，絕對無法生存[30]。許多研究[22,70]都指出寄生現象是*R. solani* 重要的生存方式之一。Pitts 氏[70]認爲腐生並不是侵犯小麥莖部的 *R. solani* 菌株的生存方式。Sanford 氏[78]發現在缺乏寄主植物時，*R. solani* 只能在田間生存 4 個月，如有寄主植物時，可生存達 8 個月之久。因此 Sanford 氏[78]認爲 *R. solani* 的生存方式，寄生比腐生重要。

Rhizoctonia solani 最重要的生存方式究竟是什麼，甚難斷言。Garrett 氏[37]認爲強腐生菌常較弱腐生菌可在土壤內生存得更久，但 *R. solani* 視菌株而定。多數 *R. solani* 的菌株，在土壤內除產生菌核和休眠菌絲外，本質上是腐生在曾被侵犯致死的植物殘體或腐生在其他死植物組織內，以休眠狀態或積極的活性方式生存土壤中[9]。

㈢環境因子的影響

土壤棲息菌類在土壤內無論是進行積極的生長活動或在消極的休眠狀態，都和複雜的環境因子息息相關。這些因子包括所謂"生物因子"和"非生物因子"兩大類。茲分別簡要地討論這些因子對 *Rhizoctonia* 和 *Sclerotium* 屬病原菌的影響如下。

1. 生物因子

土壤內很多微生物，植物及動物，都和 *Rhizoctonia* 和 *Sclerotium* 屬菌類有直接或間接的關係。有很多微生物對 *Rhizoctonia* 及 *Sclerotium* 之生長與生存有益；如 *S. rolfsii* 生長在含有某些 *Bacillus Subtilis* 菌株的土壤時，菌絲特別旺盛，而菌核的產生也因某些放射菌（Actinomycetes)的刺激而增多[4]，但以有害的微生物居多。雖然田間調查發現 15,000 個 *R. solani* 菌絲中，僅6個被其他微生物所寄生[40]，但再寄生作用（Hyperparasitism），只是微生物間拮抗作用的一種，其他如靜菌作用，溶菌作用及抗生作用，更是不可忽略。Olsen 氏和 Baker[60] 發現某些拮抗菌類，在 *R. solani* 菌絲表面的繁殖比在土壤中快速，實爲 *R. solani* 常遭拮抗菌類侵犯的主要原因。吾人測定 *R. solani* 拮抗菌的方法，可將假定的拮抗細菌、放射菌或眞菌之4個菌株，先將接種量和菌齡一致化或標準化，然後放置在培養基平板的週緣，如被測定菌株（*R. solani*）生長較緩慢時，可在接種拮抗菌同時，接種在培養基平板中央，但如生長快速的菌株則拮抗菌應先1～2日接種在培養基上，令其有充分的時間生長菌落並滲出抗生素。

重要的 *R. solani* 拮抗菌有 *Bacillus*、*Streptomyces*、*Actinomyces*、*Trichoderma*、*Penillium* 和 *Myrothecium* 等多種。利用 *Bacillus* 和 *Streptomyces* spp. 加入蒸氣殺菌的土壤內，可防治 *R. solani* 引起的苗腰折病[12]。Ferguson[34]亦曾利用多種拮抗眞菌防治 *R. solani* 引起的幼苗病害。土壤內加入纖維素（Cellulose）可促進拮抗菌 *Myrothecium verrucaria* 的活動而使 *R. solani* 生長受挫。惟因所產生的毒素不但抑制 *R. solani*，也使胡椒苗生育不良而無實用價值。土壤內加入角質(Chitin)時，在其分解過程中也可促進微生物產生成份不明的物質，抑制 *R. solani* 的生長[80]。土壤內加入新鮮綠肥或乾植物殘體也可刺激增加微生物的種類和數量而有同樣效果[65]。

多數 *T. viride* 菌系對 *R. solani* 都有拮抗作用。因爲 *T. viride* 不但可寄生 *R. solani*，且可產生膠毒素（gliotoxin）和 Viridin 等抗生素[97,98,99]。這些抗生素只有在酸性溶液內才會安定[37]。換言之，只有在酸性環境下，*T. viride* 對 *R. solani* 的拮抗作用才會顯著。利用此一特性，Weindling 氏[100] 曾酸化柑桔苗床而達防治 *R. solani* 病害的目的。

有些拮抗菌類並不直接寄生或產生抗生素使 *R. solani* 生長不良或崩潰，而是使 *R. solani* 不能產生侵染機構。這種拮抗菌可以 *B. subtilis* 爲例說明之。*B. subtilis* 對 *R. solani* 菌絲在土壤中之生長並無影響，但侵染能力却被抑制，因爲 *B. subtilis* 可分泌出 3－0－methyl glucose 使 *R. solani* 不能形成侵入菌絲束（infection cushion）之故[101]。

拮抗菌類對 *R. solani* 的作用在 10—37°c 範圍內並沒有顯着差別。在高壓高溫下，拮抗細菌繁殖雖較快速而拮抗眞菌較緩慢，但就拮抗效果言，幾乎相同[12]。惟據 Boosalis 氏[8] 之觀察，在土壤內 *R. solani* 被 *Penicillium* 和 *Trichoderma* spp. 侵犯寄生的適宜溫度是 28°C，土壤溫度在 18°C 以下時甚少發生。土壤濕度對拮抗效果也有影響；土壤含水能量（Water Potential)在—30 bar 時，*R. solani* 對 *Streptomyces* 的抗生素最敏感[4]。

土壤內除了拮抗細菌對 *R. solani* 有不良效果外，一些食菌性線蟲對 *R. solani* 也有不利效果。*Aphelenchus avenae* 可補食 *R. solani* 的菌絲[16]。*A. avenae* 以口針插入 *R. solani* 的菌絲內，只需 15 秒鐘便可將 *R. solani* 菌絲體一節細胞內細胞質吸乾[16,35]。

在土壤內雖然有很多如上所述的有害微生物和動物，但 *R. solani* 也有巧妙的方法逃避這些生物的侵害。*R. solani* 可以不利用有機質供給營養分而利用土壤內游離的營養分生長數公分。*R. solani* 更可產生深色厚壁的菌絲以對拒拮抗菌。Olsen 氏和 Baker 氏[60] 發現有些 *R. solani* 菌株對 *B. subtlis* 很敏感，可發生內溶菌（endolyse）現象。但同一 *B. subtilis* 菌株對 *R. solani* 其他菌株却無反應。因此，*R. solani* 之不同菌株間，在生理上對拮抗菌或其所分泌抗生素之抗性似有差別。

Sclerotium 屬菌類在土壤中之生存，不以菌絲爲主，而菌絲在生長過程中，也會遭遇其他生物的影響。很多節枝動物可分泌出對 *S. rolfsii* 有靜菌或殺菌劑效果的物質[72]。半翅目的一種土壤昆蟲稱 *Scaptocoris divergens* 者，可分泌對 *S. rolfsii* 和其他多種土壤菌類有靜菌效果的質物。這種靜菌物質如分泌量累積到某種程度時，有殺菌劑的作用[85]。

Sclerotium 屬菌類是以菌核爲最主要生存依據。因此，菌核和其他生物間的關係，特別受到重視。白蟻常嚙食 *S. rolfsii* 的菌核[32]，*Penicillium* 和 *Trichoderma* spp. 也常發現著生在 *S. delphinii* 的菌核上[33]。*T. harzianum* 可摧毀 *S. rolfsii*的菌核[102]。

Sclerotium rolfsii 的菌核易遭拮抗菌侵害的原因，與該菌生長習性有關。Smith 氏[79]發現當 *S. rolfsii* 和 *S. cepivorum* 的菌核暴露在大氣中風乾四小時後，可損失 90% 水分，風乾後的菌核一旦置於潮濕的土壤內，就立刻滲漏出胺基酸類和糖類，並即發芽，在二星期內被拮抗菌著生而崩潰。那些引起菌核崩潰腐敗的菌類（大多爲眞菌類，包括 *Trichoderma* spp.）是受到菌核滲漏出的營養分誘集而來的。因此 Smith 氏[79]認爲菌核的崩潰是"乾燥"和"微生物的活動"的混合結果。不使菌核乾燥即不致崩潰。乾燥後之菌核經漂洗除去滲漏在表面的營養分，則可順利發芽而不致崩潰。

吾人可利用乾燥的菌核爲餌，誘集 *S. rolfsii* 的拮抗菌並分離之。把風乾的菌核放在供試土壤（未經殺菌或經 60°c/30min 蒸氣殺菌的土壤）內一段時間後土壤中拮抗細菌、眞菌及放射菌，會在菌核表面滋生繁殖。然後將菌核取出以無菌水漂洗並按照稀釋平板法培養之。如菌核已開始腐敗，可以單一菌核用無菌水漂洗，再按同法培養之[79]。然後將純化所得菌落，可按照上述測定 *R. solani* 拮抗菌的方法測定其對 *S. rolfsii* 的拮抗效果。

土壤中的 *Rhizoctonia* 和 *Sclerotium* 雖然可受到其他生物的影響，但也會影響其他生物或受其他生物寄生，但却沒有不良效果的情形。植物被根瘤線蟲（*Meloidogyne* spp.）侵染後再被 *R. solani* 侵染時，線蟲的雄蟲比率會增加[4]。*R. solani* 也會寄生其他眞菌如 *Pythium* spp. [15] *Rhizopus stolonifer* 和 *Gilbertella Persicaria*[8,15]。*S. cepivorum* 受到 Virus 侵染後對病原性和生存均無影響[2]。

土壤內加入有機物也會催毀 *S. rolfsii* 的菌核。Johnson 氏[49] 發現加苜蓿粉片到土壤內，可促進細菌的繁殖，增加菌核的死亡。土壤加 4％苜蓿粉片時，*S. rolfsii* 的菌核在六星期內全部毀滅，2％時 2 個月，1～0.4％時 3 個月。這種現象是因爲苜蓿粉片在分解過程中會產生乙醛（Acetaldehyde）和其他揮發性氣體，雖會促進菌核發芽[61]，但却隨之死亡。Linderman 和 Gilbert 氏[55] 發現植物殘體在分解初期會產生促進 *S. rolfsii* 菌核發芽的揮發性物質如甲醛（methanol）、乙醛、異性酪酸醛（Isobutylalehyde）等。另外一些好氣性細菌在分解有機質過程中，會產生乙稀（Ethyleme）使 *S. rolfsii* 的菌核不能發芽[4]。上述各現象都是土壤微生物對 *S. rolfsii* 的間接影響，但却比直接影響更具"生物防治"的價值。

寄主植物對病原菌之動態也有影響。草莓根分泌物會促進 *R. solani* 的生長[47]，葱屬植物（*Allium* spp.）根分泌物會促進 *S. cepivorum* 菌核的發芽[18]。*S. cepivorum* 的菌核在無菌土壤內或培養基上雖可自然發芽，但在自然土壤中却只在葱屬植物根分泌物存在時才會進行。這種情形並不是因爲營養的關係[20]，而是因爲葱屬植物根分泌物內含有蒜苷（S-allyl-L-Cystein Sulphoxide），二氫蒜苷（S-n-propyl-L-Cystein sulphoxide）和其他水溶性揮發物質之故。這些物質很快地被土壤內細菌所產生的蒜苷酶（allinase）和有關酵素分解成可揮發並水溶性烴基硫化物如 propyl and allyl mercaptans、sulphids和 disculphides 等，而能引誘菌核發芽[19,52]。因爲葱屬植物根抽出物的濃度太低，並不能抑制細菌生長，因此這些硫化物的作用並不是抑制拮抗菌，但 Keyworth 氏和 Milne 氏[51] 在培養基上發現洋葱分泌物可使 *S. cepivorum* 對一些抗生素產生抗性，因此吾

人目前對此現象的解釋是 *S. cepivorum* 菌核的休眠狀態是因其他微生物的"抑制發芽"效果而生，但休眠却因寄主分泌物的刺激而終止。因此寄主分泌物會使 *S. cepivoram* 表現出對抗生素有"抗性"的效果。

2. 非生物因子

所謂非生物因子，包括土壤種類、土壤酸鹼度、土壤溫度、土壤濕度、土壤內化合物等多種。玆摘要舉例說明之。

Rhizoctonia 和 *Sclerotium* 屬病原菌雖然可以在各種土壤內被發現，但以通氣性艮好之砂質壤土較佳。*R. solani* 在 PH 5.8—8.1 範圍內生長均佳，但以中性土壤最適當[7]。如以 *R. solani* 腐生能力着眼，應以 PH 4.5—8.1 範圍爲宜，中性或微鹼性土壤最佳，PH 4.0 時腐生着生率只有 10%。*S. rolfsii* 在培養基上以 PH 4.0—5.0 最適宜生長，PH 1.4—2.0 是最低限度。因爲 *S. rolfsii* 可在寄主植物病患部產生大量的草酸 (Oxalic acid)，使寄主植物組織酸鹼度從 PH 5.8 降爲 4.0 適合 *S. rolfsii* 所分泌的果膠酶和三種纖維素酶的活動，加速植物組織的崩潰。

最適宜 *R. solani* 營腐生活動的土壤溫度視土壤種類而異[66]。砂壤土以 20°C 最佳，超過 30°C 時腐生活動急遽減少。砂土以 26—30°C 最好，超出此一範圍即不適宜。*R. solani* 的致死溫度是 50°C[3]。如以熱氣處理著生在有機質內的 *R. solani* 時，應將溫度提高到 51°C 才可致死[4]。*S. rolfii* 因生長在表土或土壤表面，大氣溫度之影響比土壤溫度爲大。空氣溫度 85—95°F 最適宜生長[11]。

Papavizas 氏和 Davey 氏[66] 發現土壤含水量在 20—60% MHC (Moisture holding capacity) 時，*R. solani* 的腐生活動比在 60% MHC 以上時適當。當 70—80% MHC 時腐生活動顯然降低，90% MHC 時幾乎停止。Blair 氏[7]和 Das 氏和 Western 氏[23]也認爲33—60% MHC 最適合 *R. solani*。事實上，土壤濕度增加土壤通氣性必然相對減少，並增加二氧化碳濃度。二氧化碳對 *R. solani* 的生長和腐生活動都有抑制作用[7]。*R. solani* 對二氧化碳容忍範圍，甚難遽下斷論，因其容忍程度隨菌株不同而有差異[29]。*S. rolfsii* 之生長以有適當濕度爲宜，菌核之發芽需有含水能量 (Water Potential) 14-bar，並需 14 天的催芽期[1]。含水量 75% 以下之土壤，濕度增加則菌核發芽率亦相對增加。菌核發芽因埋在土中愈深而愈少。Abeygunawardena 氏和 Wood 氏[1] 認爲是深土內有二氧化碳堆積之故。在含有二氧化碳 20% 和氧氣 20% 的空氣下，*S. rolfsii* 的生長減少 55%[86]。*S. rolfsii* 所接融的空氣中含氣態氧少於 30% 時，對菌絲的生長才有影響，但二氧化碳含量大於 0.03% 時，菌絲生長會受制[41]。

土壤施用肥料對 *Rhizoctonia* 和 *Sclerotium* 也有很大影響。施用氨素肥料會使土壤酸化而有利 *R. solani* 的生長[46]。有些種類的氮肥會影響 *S. rolfsii* 菌核拮抗微生物對活動[45]。氨肥使 *S. rolfsii* 完全失却發芽能力，因爲氨對 *S. rolfsii* 的菌核細胞有毒。在自然土壤內加入尿素、角質、蛋白腖、氮化鈣和醋酸銨後，也會使菌核夫却發芽能力。Henis 氏和 Chet 氏[45]發現除硝酸鈣外，很多不同形態氮素源都有助土壤微生物侵犯多碳質的菌核細胞壁，細菌、放射菌和眞菌都圍繞在菌核周圍，降低發芽率達 36—50%，甚至可高達 96%。

結　　論

Rhizoctonia 和 *Sclerotium* 雖無性世代同爲無胞子菌科，有性世代同爲擔子菌綱，但前者之分類依據比後者更爲貧乏。*Rhizoctonia* 自 1815 年 De candolle 氏設屬以來，對種 (Species) 之設定，迄無妥善的標準。即使今日所謂"種"之內的不同菌株，無論是菌體形態、生理性狀、病徵型、抗藥性和生態特性等，都有很大差異。故頗難以無性世代菌體做爲分類之依據而設立新種，亦且毫

無意義，過去之糾紛既已造成，目前吾人只有儘量放棄設立 *Rhizoctonia* 新種的觀念，並努力將過去設立之"*Rhizoctonia*"的種，在自然界尋找或以人工方法催誘有性世代，供進一步之鑑定以利澄清糾紛。室內以人工方法催誘有性世代的方法很多，但以菌叢覆土法 (Soil-over-culture method) 最簡便。筆者曾以本法催誘不同種的 *Rhizoctonia* 和 *Sclerotium* 而得到很成功的結果。依據筆者之經驗，人工催誘 *Rhizoctonia* 有性世代的要訣是: (1)先瞭解供試菌的生長特性，(2)催誘過程中要有恒心，保持"等待"的耐性，(3)細心觀察，不要疏忽任何土壤表面的變化等。如能本乎上述原則，很少 *Rhizoctonia* 和 *Sclerotium* 不會產生有性世代的。

依據 *Rhizoctonia* 有性世代特性做爲分類的依據，固然是最可靠，但要利用有性世代將近100種的 *Rhizoctonia* 重新予以分類，却也不是易事。如何利用現代技術重估 *Rhizoctonia* 和 *Sclerotium* 無性世代菌體的特徵以供分類依據，仍然急不容緩。最近曾有學者利用營養菌絲內核酸含量，或利用電腦歸納各種形態和生理特性，欲找出種和種之間的異同，但均未成功。筆者[90]曾利用細胞學、細胞化學，菌核形成過程和菌絲微細構造等各方面資料，尋求無性世代菌體和有性世代菌體之連關性。其中尤以細胞化學反應對種和種之間的差別甚大，似值吾人繼續探研。

在尙未獲得合理而簡便的無性世代菌體鑑定依據之前，應全力催誘供試菌的有性世代。萬一催誘未能成功，則吾人應註明供試菌菌絲細胞內細胞核的數目和分佈情形。如係 *Rhizoctonia*，更要註明菌絲連合群的可能歸屬。切忌只用"*Rhizoctonia* sp."字樣來記載。因爲這種記載方法是不科學而又毫無意義的。

Rhizoctonia 和 *Sclerotium* 在土壤中之生長、生存、以至侵染寄主引發病害，是一串複雜的過程。侵犯寄主體在土內 30 公分以下之根部的 *R. solani*，大都生長緩慢，對二氧化碳較有耐性，而且不易或完全沒有產生菌核的能力。那些分佈在土壤表面的 *R. solani* 和大部份 *S. rolfsii*，生長較快，對二氧化碳耐性中等，並可產生菌核。至於侵犯葉部或寄主植物莖部的 *R. solani*，生長特別快速，對二氧化碳耐性較弱，但却能產生大量菌核。

菌核是 *Rhizoctonia* 和 *Sclerotium* 生存的重要依據之一。分布在深土內的 *R. solani* 不產生菌核，對生存反而有利，因爲菌核對拮抗微生物之侵襲，其抵抗力較深色厚壁休眠菌絲爲弱。*R. solani* 在土壤中逃避拮抗菌的方法很多，如以內菌根方式 (Endomycorrhizal association) 存在植物體內[42]，或寄生在其他微生物或雜草等。因此，土壤內微生物是在極複雜的環境下由許多因子互相影響，而求取所謂"自然的均衡"現象。不幸的是這種"自然界的均衡"，往往因農業上的操作而破壞。

Rhizoctonia 和 *Sclerotium* 屬病原菌在土壤中的生態，吾人未能瞭解之處尙多。如 *R. solani* 如何在土壤內尋覓營養基質，腐生菌絲如何吸取土壤內游離營養分在菌體內運轉和蓄藏等，都直接影響到腐生活動的遂行。又如 *R. solani* 菌絲，會在所謂"抑制土壤"(Suppressive soil) 內生長而不侵犯寄主植物[7]，而所謂"抑制土壤"的成因和作用原理等，均需吾人進一步努力，方可獲得防治上最有利的途徑。

引 用 文 獻

1. Abeygunawardena, D. V. W., and R. K. S. Wood. 1957. Factors affecting germination of sclerotia of *Sclerotium rolfsii*. Trans. Brit. Mycol. Soc. 40:221-231.
2. Anonymous. 1973. Perspective de lutte biologiques les champignons parasites des plantes cultivees et les pourritures des tissus ligneux. Colloque scientique international. 22pp. Mimeographed paper. Sta. Fed. Rech. Agron. Lausanne, Switzerland.

3. Baker, K. F. 1957. The U. C. system for producing healthy container-grown plants. Calif. Agr. Exp. Sta. Manual 23:1-332.

4. Baker, K. F. and R. J. Cook. 1974. Biological control of plant pathogens. W. H. Freeman & Company, San Francisco. 433p.

5. Baler, K. F., N. T. Flentje, C. M. Olsen, and H. M. Stretton. 1967. Effect of antagonists on growth and survival of *Rhizoctonia solani* in soil. Phytopatholology 57:591-597.

6. Barrett, J. T. 1934. Observations on the basidial stage of *Sclerotium rolfsii*. Phytopathology 24:1137-1138.

7. Blair, I. D. 1943. Eehaviour of the fungus *Rhizoctonia solani* Kuhn in the soil. Ann. Appl. Biol. 30:118-127.

8. Boosalis, M. G. 1956. Effect of soil temperaturc and green-manure amendment of unsterilized soil on parasitism of *Rhizoctonia solani* by *Penicillium vermiculatum* and *Trichoderma* sp. Phytopathology 46:473-478.

9. Boosalis, M., and A. L. Scharen. 1959. Methods for microscopic detection of *Aphanomyces euteiches* and *Rhizoctonia solani* associated with plant debris. Phytopathology 49:192-198.

10. Boyle, L. W. 1956. Fundermental concepts in the development of southern blight and rot on peanuts. Plant Disease Reptr. 40:665.

11. Boyle, L. W. 1961. The ecology of *sclerotium rolfsii* with emphasis on the role of saprophytic media. Phytopathology 51:117-119.

12. Broadbent, P., K. F. Baker, and Y. Waterworth. 1971. Bacteria and actinomycetes antagonistic to fungal root pathogens in Australian soils. Aust. J. Biol. Sci. 24:925-944.

13. Buddin, W., and E. M. Wakefield. 1927. Studies on *Rhizoctonia crocorum* (Pers.) DC. and *Helicobasidium purpureum* (Tul.) Pat. Trans. Brit. Mycol. Soc. 12:11-140.

14. Buddin, W., and E. M. Wakefield. 1927. Further notes on the connexion between *Rhizoctonia crocorum* and *Helicobasidium purpureum*. Trans. Brit. Mycol. Soc. 14:97-99.

15. Butler, E. E. 1957. *Rhizoctonia solani* as a parasite of fungi. Mycologia 49:354-373.

16. Cheng, Y. H., and C. C. Tu. 1974. Studies on the control of *Rhizoctonia* damping-off of flax and jute by mycophagous nematode, *Aphelenchus avenae*. (in Chinese with English summary). J. Taiwan Agr. Research 23:75-82.

17. Chesters, C. G.C. 1948. A contribution to the study of fungi in the soil. Trans. Brit. Mycol. Soc. 30:100-117.

18. Coley-Smith, J. R. 1960. Studies of the biology of *Sclerotium cepivorum* Berk. IV. Germination of sclerotia. Ann. Appl. Biol. 48:8-18.

19. Coley-Smith, J. R., and J. E. King. 1969. The production by species of *Allium* of alkyl sulphides and their effect on germination of sclerotia of *Sclerotium cepivorum* Berk. Ann. Ann. Appl. Biol. 64:289-301.

20. Coley-Smith, J. R., J. E. King, D. J. Dickinson. and R. W. Holt. 1967. Germination of sclerotia of *Sclerotium cepivorum*. Ann. Appl. Biol. 60:109-115.

21. Curzi, M. 1931. Studi su lo "*Sclerotium rolfsii*." Boll. staz. patol. vegetale. N. S. 11:306-373.

22. Daniels, J. 1963. Saprophytic and parasitic activities of some isolates of *Corticium solani*. Trans. Brit. Mycol. Soc. 46:485-502.

23. Das, A. C., and J. H. Western. 1959. The effect of inorganic manures, moisture and inoculum on the incidence of root disease caused by *Rhizoctonia solani* Kuhn in cultivated soil. Ann. Appl. Biol. 47:37-48.

24. Davey, C. B., and G. C. Papavizas. 1962. Comparison of methods for isolating *Rhizoctonia* from soil. Can. J. Microbiol. 8:847-853.

25. De Candolle, A. P. 1815. Mêmoire sur les rhizoctones, nouveau genre de chanpignons qui attaque les racines, des plantes et en particulier celle de las luzerne cultivee. Mém. Mus. d'Hist. Nat. 2:209-216.

26. Donk, M. A. 1954. Notes on on resupinate Hymenomycetes-1. On *Pellicularia* Cooke. Reinwardtia 2:425-434.

27. Donk, M. A. 1958. Notes on resupinate Hymenomycetes-V. Fungus 28:16-36.

28. Duggar, B. M. 1915. *Rhizoctonia crocorum* (Pers.) DC. and R. *solani* Kuhn (*Corticium vagum* B. & C.) with notes on other species. Ann. Missouri Botan. Garden 2:403-458.

29. Durbin, R. D. 1959. Factors affecting the vertical distribution of *Rhizoctonia solani* with referene to CO_2 concentration. Amer. J. Bot. 46:22-25.

30. Elmer, O. H. 1942. Effect of environment on prevalence of soil-borne *Rhizoctonia*. Phytopathology 32:972-977.

31. El Zarka, A. M. 1963. A rapid method for the isolation and detection of *Rhizoctonia solani* Kuhn from naturally infested and artificially inoculated soils. Medemel. Landbouwhogeschoolen Opzoekingssta. Staat Gent. 28:877 885.

32. Evan, D. Keith McE. 1965. The soil fauna-its nature and biology. P. 33-51. *In* K. F. Baker, et al. (ed.). Ecology of soil-borne plant pathogens, prelude to biological control. Univ. of Calif. Press, Berkeley, Los Angeles. 571p.

33. Ferguson, J. 1953. Factors in colonization of sclerotia by soil organisms. Phytopathology 43:471.

34. Ferguson, J. 1958. Reducing plant disease with fungicidal soil treatment, pathogen-free stock, and controlled microbial colonization. Ph. D. Thesis. Univ. of Calif., Berkeley. 169pp.

35. Fisher, J. M., and A. A. Evans. 1967. Penetraion and feeding by *Aphelelenchus avenae*. Nematologica 13:425-428.

36. Garren, K.H. 1961. Control of *Sclerotium rolfsii* through cultural practices. Phytopathology 51:120-124.

37. Garrett. S. D. 1956. Biology of root-infecting fungi. Cambridge University Press, London and New York. 293p.

38. Gilbert, R. G., and R. G. Linderman. 1971. Increased activity of soil microorganisms near sclerotia of *Sclerotium rolfsii* in soil. J. Microbiol. 17:557-562.

39. Goto, K. 1930. On the perfect stage of *Sclerotium rolfsii* Sacc. produced in culture media. Preliminary report. J. Soc. Trop Agr. 2:165-175.

40. Griffin, D. M. 1972. Ecology of soil fungi. Syracuse Univ. Press. Syracuse. 193p.

41. Griffin, D.M., and N. G. Nair. 1968. Growth of *Sclerotium rolfsii* at different concentrations of oxygen and carbon dioxide. J. Exp. Botany 19:812-816.

42. Harley, J. L. 1959. Biology of mycorrhiza. Leonard Hill Books, London. 233p.

43. Harrison, A. L. 1961. Control of *Sclerotium rolfsii* with chemicals. Phytopathology 51:124-128.

44. Henis, Y., and Y. Ben-Yephet. 1970. Effect of propagule size of *Rhizoctonia solani* on saprophytic growth, infectivity, and virulence on bean seedlings. Phytopathology 60:1351-1356.

45. Henis Y., and I. Chet. 1968. The effect of nitrogenous amendments on the germinability of sclerotia of *Sclerotium rolfsii* and on their accompanying microflora. Phytopathology 58:209-211.

46. Huber, D. M., R. D. Watson, and G. W. Steiner. 1965. Crop residues, nitrogen, and plant disease. Soil Sci. 100:302-308.

47. Husain, S. S., and W. E. McKeen. 1962. Stimulation of a new *Rhizoctonia* species by strawberry root exudates (Abstr.). Phytopathology 52:14.

48. Hynes, H. J. 1937. Studies on *Rhizoctonia* root-rot of wheat and oats. Dept. Agr. N.S. Wales Sci. Bull. 48. 42p.

49. Johnson, S.P. 1953. Some factors in the control of the southern blight organism, *Sclerotium rolfsii*. Phytopathology 43:363-368.

50. Kendrick, J. B., Jr., and A. R. Jackson. 1958. Factors influencing the isolation of certain soil-borne plant pathogens from soil (Abstr.). Phytopathology 48:394.

51. Keyworth, W. G., and L. J. R. Milne. 1969. Induced tolerance of composition of the cellulose-decomposing microflora on soil crumb plate. Nature (London) 191:307.

52. King, J. E., and J. R. Coley-Smith. 1969. Production of volatile alkyl sulphides by microbial degradation of synthetic alliin and alliin-like compounds in relation to germination of sclerotia of *Sclerotium cepivorum* Berk. Ann. Appl. Biol. 64:303-314.

53. Ko. W. J., and F. K. Hora. 1971. A selective medium for the quantitative determination of *Rhizoctonia solani* in soil. Phytopathology 61707-710.

54. Leach, L. D., and A. E. Davey.: 1938. Determining the sclerotial population of *Sclerotium rolfsii* by soil analysis and predicting loses of sugar beets on the basis of these analyses. J. Agr. Res. 56:619-631.

55. Linderman, R. G., and R. G. Gilbert. 1969. Stimulation of *Sclerotium rolfsii* in soil by volatile components of alfalfa hay. Phytopathology 59:1366-1372.

56. Martinson, C. A. 1963. Inoculum potential studies of *Rhizoctonia solani* measured with soil micobiological sampling tubes. Phytopathology 53:63-638.

57. Messiaen, C. M. 1957. L'influence des methodes d'isolemnt et des milieux de cultupe dans l'echantillonage de la flora fongique des sols. Compt. Rend. Acad. Agr. France 43:384-386.

58. Mundkur, B. B. 1934. Perfect stage of *Sclerotium rolfsii* in pure culture. Indian J. Agr. Sci. 4:779-781.

59. Ogoshi, A. 1972. Some characters of hyphal anastomosis groups in *Rhzoctonia solani* Kuhn. (in Japanese with English summary). Ann. Phytopathol. Soc Japan 38:123-129.

60. Olsen, C. M., and K. F. Baker. 1968. Selective heat treatment of soil, and its effect on the inhibition of *Rhizoctonia solani* by *Bacillus subtilis*. Phytopathology 58:79-87.

61. Owens, L. D., R. G. Gilbert, G. E. Griebel, and J. D. Menzies. 1969. Identification of plant volatiles that stimulate microbial respiration and growth in soil. Phytopathology 59:1468-1472.

62. Papavizas, G. C. 1970. Colonization and growth of *Rhizoctonia solani* in soil. P. 108-122. *In* J. R. Parmeter, Jr. (ed.). *Rhizoctonia solani*:biology and pathology. Univ. of Calif. Press. Berkeley, Los Angeles and London. 255p.

63. Papavizas, G.C., and C. B. Davey. 1959 a. Evaluation of various media and antimicrobial agents for isolation of soil fungi. Siol Sci. 88: 112-117.

64. Papavizas, G.C., and C.B. Davey. 1959b. Isolation of *Rhizoctonia solani* Kuehn from naturally infected and artificially inoculated soils. Plant Disease Reptr. 43:404-410.

65. Papavizas, G. C., and C. B. Davey. 1960. *Rhizoctonia* disease of bean as affected by decomposing green plant materials and associated microfloras. Phytopathology 50:516-522.

66. Papavizas, G. C., and C. B. Davey. 1961. Saprophytic behaviour of *Rhizoctonia* in soil. Phytopathology 51:693-699.

67. Papavizas, G. C., and C. B. Davey. 1962. Isolation and pathogenicity of *Rhizoctonia* saprophytically existing in soil. Phytopathology 52:834-840.

68. Parmeter, J. R., Jr., R. T. Sherwood, and W. D. Platt. 1969. Anastomosis grouping among isolates of *Thanatephorus cucumeris*. Phytopathology 59:1270-1278.

69. Parmeter, J. R., Jr. and H. S. Whitney. 1970. Taxonomy and nomenclature of the imperfect state. P. 7-19. *In* J. R. Parmeter, Jr. (ed.). *Rhizoctonia solani*: biology and pathology. Univ. of Calif. Press, Berkeley, Los Angeles and London. 255p.

70. Pitt, D. 1964. Etudies in sharp eyespot disease of cereals. I-II. Ann. Appl. Biol. 54:77-89. 231-240.

71. Radha, K., and K. P. V. Menon. 1957. The genus *Rhizoctonia* in relation to soil moisture. I. Studies on *Rhizoctonia solani* and *Rhizoctonia bataticola*. Indian Coconunt J. 10:29-36.

72. Rath L. M. 1961. A study of the odoriferous glands of *Scaptocoris divergens* (Hemiptera, Cydnidae). Ann. Entomol. Soc. Amer. 54:900-911.

73. Saccardo, P. A. 1911. Notae Mycologicae. Ann. Mycol. 9:249-257.

74. Saksena, H. K. 1961. Nuclear phenomena in basidia of *Ceratobasidium Praticolum* (Kotila) Olive. Can. J. Bot. 39:717-725.

75. Saksena, H. K., and O. Vaartaja. 1960. Descriptions of new species of *Rhizoctonia* Can. J. Botany 38:931-943.

76. Samuel, G., and S. D. Garrett. 1932. *Rhizoctonia solani* on cereals in South Australia. Phytopathology 22:827-836.

77. Sanford, G. B. 1941. Studies on *Rhizoctonia solani* Kuhn. V. Virulence in steam sterilized and natural soil. Can. J. Res. (C) 16:203-213.

78 Sanford, G. B. 1952. Persistence of *Rhizoctonia solani* Kuhn in soil. Can. J. Botany 30: 652-664.

79. Smith, A. M. 1972. Drying and wettting sclerotia promotes biological control of *Sclerotium rolfsii* Sacc. Nutritional leakage promotes biological control of dried sclerotia of *Sclerotium rolfsii* Sacc. Biological control ccntrol of fungal sclerotia in soil. Soil Biol. Biochem. 4:119-123, 125-129, 131-134.

80. Sneh, B., J. Katan, and Y. Henis. 1971. Mode of inhibition of *Rhizoctonia solani* in chitin-amended soil. Phytopathology 61:1113-1117.

81. Talbot, P. H. B. 1965. Studies of "*Pellicularia*" and associated genera of Hymenomycetes. Persoonia 3:371-406.

82. Talbot, P. H. B. 1970. Taxonomy and nomenclature of the perfect state. p. 20-31. *In* J. R. Parmeter, Jr. (ed.). *Rhizoctonia solani*: biology and pathology. Univ. of Calif. Press. Berkelev. Los Angeles and London. 255p.

83. Thompson, A. 1940. Notes on plant diseases in 1939. Malayan Agr. J. 28:400-407.

84. Thornton, R. H. 1956. *Rhizoctonia* in natural grassland soils. Nature (London) 177:230-231.

85. Timonin, M. 1961. The interaction of plant pathogen, and *Scaptocoris talpa* Champ. Can. J.

Bot. 39: 695-703.

86. Tolmsoff, W. J. 1970. Metabolism of *Rhizoctonia solani*. P. 93-107. *In* J. R. Parmeter, Jr. (ed.) *Rhizoctonia solani*: biology and pathology. Univ. of Calif. Press, Berkeley, Los Angeles, and London. 255p.
87. Townsend, B. B., and H. J. Willetts. 1954. The development of sclerotia by certain fungi. Trans. Brit. Mycol. Soc. 37:213-221.
88. Tu, C. C. 1968. Influence of inoculum placement on the distribution of *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk in soil. Plant Protect. Bull. China 10:43-48.
89. Tu, C. C. 1969. Studies on the sources of *Rhizoctonia solani* for primary infection. Plant Protect. Bull. China 11:101-108.
90. Tu, C. C. 1974. Culture, developmnt, and sexual states of *Rhizoctonia*, *Sclerotium*, and some related fungi. Ph. D. Dissertaion, Univ. of Florida. 198p.
91. Tu, C. C., and J. W. Kimbrough. 1973. A rapid staining technique for *Rhizoctonia solani* and related fungi. Mycologia 65:941-944.
92. Tu, C. C., D. A. Roberts, and J. W. Kimbrough. 1969. Hyphal fusion, nuclear condition, and perect stages of three species of *Rhizoctonia*. Mycologia 60:77-783.
93. Warcup, J. H. 1955. Isolation of fungi from hyphae present in soil. Nature (London) 115: 953-954.
94. Warcup, J. H. 1957. Studies on the occurrence and activity of fungi in a wheat-field soil. Trans. Brit. Mycol. Soc. 40:237-259.
95. Warcup, J. H., and P. H. B. Talbot. 1962. Ecology and identity of mycelia isolated from soil. Trans. Brit. Mycol. Soc. 45:495-518.
96. Warcup, J. H., and P. H. B. Talbot. 1966. Perfect states of some Rhizoctonias. Trans. Brit. Mycol. Soc. 49:427-435.
97. Weindling, R. 1932. *Trichoderma lignorum* as a parasite of other soil fungi. Phytopathology 22:837-845.
98. Weindling, R. 1934. Studies on a lethal principle effective in the parasitic action of *Trichoderma lignorum* on *Rhizoctonia solani* and other soil fungi. Phytopathology 24: 1153-1179.
99. Weindling, R. 1941. Experimental consideration of the mold toxins of *Gliocladium* and *Trichoderma*. Phytopathology 31:991-1003.
100. Weindling, R., and H. S. Fawcett. 1936. Experiments in the control of *Rhizocton* damping-off of citrus seedlings. Hilgardia 10:1-16.
101. Weinhold, A. R., and T. Bowman. 1971. Virulence repression in *Rhizoctonia solani* by 3-o-methyl glucose. Phytopathology 61:916.
102. Wells, H. D., D. K. Bell, and C. A. Jaworski. 1972. Efficacy of *Trichoderma harzianum* as a biocontrol for *Sclerotium rolfsii*. Phytopathology 62:442-447.
103. West, E. 1947. *Sclerotium rolfsii* Sacc. and its perfect stage on climbing fig. Phytopathology 37:67-69.
104. West, E. 1961. *Sclerotium rolfii*, history, host range, and distribution. Phytopathology 51: 108-109.
105. Whitney, H. S., and J. E. Parmeter, Jr. 1964. The perfect stage of *Rhizoctonia heimalis*. Mycologia 56:114-118.
106. Winter, A. G. 1951. Untersuchugen uber die Okologie und den Massenwechsel bodenbewohnender mikroskopischer Pilze. II. Mitteilung. Der Einfluss organischer Nahrstoffe auf

die Entwicklung einiger Pilze(*Cladosporium* sp., *Chaetomium* sp., *Fusarium* sp., *Verticillium glacum*, *Penicillium* sp., *Rhizoctonia solani* u. a.) in naturlichen und partiell sterilisierten Boden. Arch. Microbiol. 16:136-162.

Identification of *Rhizoctonia* and *Sclerotium* and their Ecology in Soil

C. C. Tu

Because of extremely poor and greatly variable morphological characteristics, identification of species of form-genera *Rhizoctonia* and *Sclerotium* is especially difficult. Thus, it is recommanded that the observation of their perfect states is the only reliable way to identify them. For those the perfect state can not be obtained, it is necessary to understand their nuclear number of each hyphal cell and anastomosing groups. The genera, such as *Thanatephorus*, *Ceratobasidium*, *Uthatobasidium*, *Waitea*, *Botryobasidium*, and *Athelia*, with perfect state closely resembling those of *Rhizoctonia* and *Sclerotium* are compared, and a "standardized soil-over-culture method" for induction of perfct states *in vitro* is introduced. The morphological characteristics of rice sheath blight pathogen, *T. sasakii*, are also described.

The ecology of *Rhizoctoia* and *Sclerotium* in soil is reviewed with the emphasis of two important plant pathogens. *R. solani* and *S. rolfsii*. Their growth and survival in soil and some environmental factors, including biotic and abiotic factors, are discussed.

---

1. Research Report of Taiwan Agricultural Research Institute No. 685.

2. Senior Plant Pathologist and Head of the Department of Plant Pathology, Taiwan Agricultural Research Institute, Taipei, Taiwan.